



# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE VIDRIO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE UN LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL DE CAJAMARCA, 2015.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniería Civil**

**Autor:**

Ruíz Fernández Deisy Maricela

**Asesor:**

Ing. Cachi Cerna Gabriel

Cajamarca – Perú 2015

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Deisy Maricela Ruíz Fernández**, denominada:

**TÍTULO DE LA TESIS.** "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE VIDRIO TRITURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE UN LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL DE CAJAMARCA, 2015."

---

Ing. Gabriel Cachi Cerna

**ASESOR**

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Dr. Ing. Mosqueira Ramírez Roberto Hermes

**JURADO**

**SECRETARIO**

---

Ing. Cubas Becerra Alejandro

**JURADO**

**VOCAL**

## DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la fuerza de seguir adelante con mis estudios y así poder lograr mis objetivos.

A mis padres Juan Ruiz Silva, Marina Fernández Chávez, a mis hermanos, Erikson Ruiz Fernández, Juanita Rosa Ruiz Fernández y Mariana Ruiz Fernández, a mis abuelitos en especial a mi abuelito Abel Ruiz Cieza que siempre me brindó su apoyo incondicional, su amor, sus valores que me ha permitido ser una persona de bien.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la universidad privada del norte, por haberme brindado los laboratorios para la elaboración de ladrillos con vidrio triturado y sus diferentes ensayos.

Al, Ing. Orlando Aguilar Aliaga, director de la carrera de Ingeniería Civil por brindarme sus conocimientos para poder llevar a cabo el desarrollo de mi tesis.

A mi asesor: Gabriel Cachi Cerna quien me guió en la elaboración de mi tesis y me brindó sus conocimientos para poder realizar mis ensayos de tesis.

A mi hermano Erikson Ruíz Fernández por su apoyo en la elaboración de los ladrillos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Justificación .....	13
1.4. Limitaciones .....	13
1.5. Objetivos .....	14
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	14
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1. Antecedentes .....	15
2.2. Bases Teóricas .....	16
2.3. Definición de términos básicos .....	28
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS .....</b>	<b>30</b>
3.1. Formulación de la hipótesis.....	30
3.2. Variables .....	30
3.3. Operacionalización de variables. ....	30
<b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación. ....	32
4.2. Material. ....	32
4.2.1. <i>Unidad de estudio.</i> .....	32
4.2.2. <i>Población.</i> .....	32
4.2.3. <i>Muestra.</i> .....	32
4.3. Métodos. ....	32
4.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i> .....	32
4.3.2. <i>Para analizar información:</i> .....	43

<b>RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 1:.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO 2:.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO 3:.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO 4:.....</b>	<b>116</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales. ....	25
Tabla N° 2: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales. ....	26
Tabla N° 3: Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad. ....	27
Tabla N° 4: Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación. ....	27
Tabla N° 5 Operacionalización de variables. ....	30
Tabla N° 6: Proporciones de material para la elaboración de arcillas. ....	38
Tabla N° 7: Dosificación por unidad de ladrillo. ....	38
Tabla N° 8: Dosificación para 10 unidades de ladrillo. ....	38
Tabla N° 9: Dosificación para 10 unidades de ladrillo. ....	39
Tabla N° 10: Contenido de humedad. ....	45
Tabla N° 11: Límite líquido y límite plástico. ....	45
Tabla N° 12: Granulometría. ....	46
Tabla N° 13: Muestras sin vidrio. ....	48
Tabla N° 14: Muestras con 5% de vidrio. ....	48
Tabla N° 15: Muestras con 10% de vidrio. ....	49
Tabla N° 16: Muestras con 15% de vidrio. ....	49
Tabla N° 17: Muestras con 25% de vidrio. ....	49
Tabla N° 18: Muestras con 50% de vidrio. ....	50
Tabla N° 19: Absorción de muestras sin vidrio. ....	50
Tabla N° 20: Absorción de muestras con vidrio. ....	50
Tabla N° 21: Alabeo muestras sin vidrio. ....	51
Tabla N° 22: Alabeo muestras con vidrio. ....	51
Tabla N° 23: Alabeo clasificación. ....	52
Tabla N° 24: Succión muestras sin vidrio. ....	52
Tabla N° 25: Succión muestra con vidrio. ....	52
Tabla N° 26: Succión clasificación según ....	53
Tabla N° 27: Resistencia a la compresión muestra. ....	53
Tabla N° 28: Resistencia a la compresión, muestra. ....	54
Tabla N° 29: Límite líquido y límite plástico. ....	72
Tabla N° 30: Límite plástico. ....	72
Tabla N° 31: Límite líquido. ....	73
Tabla N° 32: Límite líquido y límite plástico. ....	74
Tabla N° 33: Granulometría. ....	74
Tabla N° 34: Muestras sin vidrio. ....	76
Tabla N° 35: Muestras con 5% de vidrio. ....	76
Tabla N° 36: Muestras con 10% de vidrio. ....	76
Tabla N° 37: Muestras con 15% de vidrio. ....	77
Tabla N° 38: Muestras con 25% de vidrio. ....	77
Tabla N° 39: Muestras con 50% de vidrio. ....	77
Tabla N° 40: Absorción de muestras sin vidrio. ....	78
Tabla N° 41: Absorción de muestras con 5% de vidrio ....	78
Tabla N° 42: Absorción de muestras con 10% de vidrio. ....	78
Tabla N° 43: Absorción de muestras Con 15% de vidrio. ....	78

Tabla Nº 44: Absorción de muestras con 25% de vidrio. ....	79
Tabla Nº 45: Absorción de muestras con 50% de vidrio. ....	79
Tabla Nº 46: Alabeo de muestras sin vidrio. ....	79
Tabla Nº 47: Alabeo de muestras con 5% de vidrio. ....	80
Tabla Nº 48: Alabeo de muestras con 10% de vidrio. ....	80
Tabla Nº 49: Alabeo de muestras con 15% de vidrio. ....	81
Tabla Nº 50: Alabeo de muestras con 25% de vidrio. ....	81
Tabla Nº 51: Alabeo de muestras con 50% de vidrio. ....	82
Tabla Nº 52: Clasificación de alabeo según norma E.070. ....	82
Tabla Nº 53: Succión de muestras sin vidrio. ....	83
Tabla Nº 54: Succión de muestras con 5% de vidrio. ....	83
Tabla Nº 55: Succión de muestras con 10% de vidrio. ....	83
Tabla Nº 56: Succión de muestras con 15% de vidrio. ....	84
Tabla Nº 57: Succión de muestras con 25% de vidrio. ....	84
Tabla Nº 58: Succión de muestras con 50% de vidrio. ....	84
Tabla Nº 59: Succión clasificación según ....	85
Tabla Nº 60: Muestras sin vidrio resistencia a la compresión axial. ....	85
Tabla Nº 61: Muestras con 5% de vidrio ....	86
Tabla Nº 62: Muestras con 10% de vidrio ....	86
Tabla Nº 63: Muestras con 15% de vidrio ....	87
Tabla Nº 64: Muestras con 25% de vidrio ....	87
Tabla Nº 65: Muestras con 50% de vidrio ....	88



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico N° 1: Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla .....	21
Gráfico N° 2: Elaboración de ladrillos de arcilla artesanal. ....	37
Gráfico N° 3: Cuña para ensayo de alabeo. ....	43
Gráfico N° 4: Límite líquido y límite plástico.....	46
Gráfico N° 5: Clasificación de materia prima según S.U.C.S. ....	47
Gráfico N° 6: Resistencia a la compresión,.....	54
Gráfico N° 7: Resistencia a la compresión muestras con vidrio % y sin vidrio .....	56
Gráfico N° 8: Límite líquido y límite plástico.....	73
Gráfico N° 9: Curva Granulométrica.....	75
Gráfico N° 10: Clasificación de materia prima según S.U.C.S. ....	75
Gráfico N° 11: Gráfica de resistencia a la compresión axial. ....	88

## RESUMEN

La presente tesis estudia la influencia del vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de ladrillos de arcilla artesanales. Para la clasificación de los ladrillos se utiliza la Norma Técnica Peruana E.070 "**unidades de albañilería**". El vidrio es adicionado para incrementar la resistencia a la compresión axial en proporciones de cinco, diez, quince, veinticinco, cincuenta por ciento de vidrio.

La tesis se inicia con la descripción teórica, clasificación y determinación de las diferentes propiedades de los ladrillos, lo cual se determinó de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 y la NTP INTINTEC 331.017.

Se detallan los materiales, equipos e instrumentos, así como procedimientos y cálculos de los ensayos de límite líquido, límite plástico, granulometría, contenido de humedad, cuyo material fue extraído del centro poblado el cerrillo.

En el presente trabajo se realizó la fabricación de los ladrillos de arcilla sin vidrio y añadiéndoles diferentes porcentajes de vidrio, en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte. Se determinó la resistencia a la compresión, absorción, alabeo, succión, aspectos visuales, (dimensiones, peso, textura y color). Finalmente se concluyó que un ladrillo de arcilla sin vidrio tiene una resistencia a compresión de 91.64 Kg/cm<sup>2</sup> encambio al adicionar 10% de vidrio triturado se obtuvo la máxima resistencia a la compresión de 97.74 Kg/cm<sup>2</sup>.

La metodología de la investigación consistió en preparar la mezcla para el ladrillo de arcilla, adicionándole distintos porcentajes de vidrio (5%,10%,15%, 25% y 50%), para posteriormente evaluarlas pasado los 28 días. Los resultados obtenidos al adicionar el 5% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 88.03 Kg/cm<sup>2</sup>, al adicionar el 10% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 97.64 Kg/cm<sup>2</sup>, al adicionar el 15% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 90.97 Kg/cm<sup>2</sup>, al adicionar el 25% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 89.81 Kg/cm<sup>2</sup>, al adicionar el 50% de vidrio triturado se obtiene una resistencia de 66.21 Kg/cm<sup>2</sup>.

Concluyendo que los resultados obtenidos nos indican que los ladrillos de arcilla artesanal adicionado 10% de vidrio triturado presenta una resistencia mayor que los ladrillos sin ningún porcentaje de vidrio.

## ABSTRACT

This thesis studies the influence of crushed glass in the resistance to axial compression of handmade clay bricks. For the classification of the International Standard bricks E.070 "The glass masonry units is added to increase the resistance to axial compression ratios of five, ten, fifteen, twenty, fifty percent of glass is used.

The thesis begins with the theoretical description, classification and properties of clay bricks in order to describe the trials, which will undergo clay bricks, and thus able to verify compliance with the Technical Noma Peruvian E.070 and NTP INTINTEC 331,017 Once verified compliance with the rules will proceed to describe the main definition for a handmade clay brick.

Materials, equipment and instruments and procedures and calculations of testing liquid limit, plastic limit, clay grain sizes, moisture content, proctor, which material was extracted from the brick detailing of the hill.

In this paper the mix design for each percentage of glass, clay bricks which were developed in the laboratory of the Universidad Private del Norte was performed. At the time of the trial compliance was verified with the minimum requirements of the compressive strength, absorption, warping, suction, visual aspects (size, weight, texture and color), when adding crushed glass to clay brick .Finally artisan concluded that adding 10% of crushed glass has a compressive strength of 9.59 MPa.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

A nivel internacional los materiales de construcción tienen como características comunes el ser duraderos, dependiendo a su uso, además deberán satisfacer otros requisitos tales como la dureza, la resistencia mecánica. Por norma general ningún material de construcción cumple simultáneamente todas las necesidades requeridas: La disciplina de la construcción es la encargada de combinar los materiales para satisfacer adecuadamente dicha necesidad, pero sin perder la calidad y características de dichos materiales (Roger, 2011).

En Ecuador los ladrilleros artesanos tienen varios problemas para vender sus productos debido a que no cumplen con las normas que rigen las propiedades que deben poseer los ladrillos. Existen normas ANSI/ATM que establecen el grado de abrasión, absorción y compresión que deben tener los ladrillos (Sánchez, 2010).

En el Perú la necesidad de tener viviendas o edificaciones más seguras y económicas ha permitido elaborar la Norma Técnica de Edificaciones E.070 albañilería, con la finalidad de estandarizar el proceso de elaboración y control de calidad de la unidad de albañilería y dentro de ello el ladrillo, ya que es un producto que se usa con frecuencia en el proceso masivo de construcción de edificaciones sobre todo en los sectores económicos medio y bajo de la población; por lo que en las principales ciudades de la costa peruana el proceso de fabricación del ladrillo ha pasado de lo artesanal a lo industrial, a fin de garantizar seguridad y economía (E.070, 2006).

En Cajamarca, durante el año 2015, se a logrado observar que para elaboración de los ladrillos de arcilla artesanal, no se tiene en cuenta la norma E.070 y además no se cuentan con controles de calidad.

En Cajamarca la explosión demográfica actual ha conllevado a una demanda excesiva de viviendas, constituyéndose el ladrillo una alternativa masiva para la construcción de las edificaciones, utilizando preferentemente el ladrillo elaborado artesanalmente en los centros poblados de Santa Barbará, Huacataz, Otuzco y el Cerrillo del distrito de Baños del Inca, dicho proceso de elaboración es artesanal sin un control de calidad; por ello es necesario realizar el estudio de sus propiedades

físicas y mecánicas con el propósito de orientar a la mejora continua y alcanzar las exigencias de la norma de albañilería (Cabrera, 2012).

**Fernández, K. 2010. Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Barbará - Cajamarca. Tesis Mg. Sc. Cajamarca, UNC.**

En dicha investigación se realizó estudios de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo del Centro Poblado Menor Santa Bárbara, Cajamarca. Para ello se ha determinado la composición mineralógica cuantitativa de cada una de las muestras provenientes de seis fábricas de ladrillo de la zona en base a los datos obtenidos en el análisis químico. Concluyendo que la materia prima tal como viene siendo utilizada (arcilla) no alcanza los niveles requeridos en esta industria lo que ocasiona que los ladrillos alcancen especialmente baja resistencia a la compresión.

## **1.2. Formulación del problema**

*¿Cuál es la influencia del vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de cajamarca ?*

## **1.3. Justificación**

El presente proyecto se realiza porque no existen estudios realizados sobre este tema porque los resultados del presente estudio nos permitirán conocer la influencia del vidrio en la resistencia de los ladrillos de arcilla que usamos en albañilería en nuestra región.

Los resultados del presente estudio podrán utilizarse como referencia en otras investigaciones y además servirá para que ingenieros, personas y empresas que se dedican al rubro de edificaciones dispongan de la información de un tipo de ladrillo con mejores características mecánicas que el ladrillo común.

## **1.4. Limitaciones**

- Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación serán válidos solamente para los ladrillos fabricados en Cajamarca.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Elaborar ladrillos de arcilla adicionados vidrio triturado con diferentes porcentajes.
- Analizar las propiedades físicas (límite líquido, límite plástico, granulometría, peso específico), de la materia prima empleada para la fabricación de un ladrillo de arcilla.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### **Artículo: Ladrillo con Botellas**

El ladrillo "ecológico" demostró una resistencia cercana a los 7.000 kilos por centímetro cuadrado, mientras el común resistió apenas 2.000 kilos. Además, los exámenes sonoros e hidráulicos revelaron que los ladrillos no dejan pasar los ruidos y absorben muy poca agua. "En la prueba de resistencia al fuego, al tener pedazos de plástico pensábamos que sería combustible, pero no se prende fuego, no produce humo y es totalmente aislante. El ladrillo común, en cambio, se puso al rojo vivo", repasa Víctor. Otras de las ventajas es el costo, hasta 4 veces menor que el ladrillo común, ya que con un metro de arena y una bolsa de cemento, más las tiras de las botellas, se pueden tener 1.000 unidades. "Está apuntado para que lo puedan hacer personas de bajos recursos porque el molde es un cajón de madera sencillo en donde se vuelca la mezcla y se fragua al sol, en cambio el ladrillo común es de barro y hay que hornearlo" (Hermes, s.f).

#### **Artículo: Efecto reforzante del vidrio reciclado en la elaboración de ladrillos artesanales:**

Es posible fabricar ladrillos de arcilla cocida con buenas propiedades mecánicas utilizando como reforzante al vidrio sodo-calcico reciclado en una proporción de 30% en peso, 50% tierra de cultivo y 20% de greda, cocido a 900°C. Se determinó la resistencia a la compresión de 28 MPa. Como agente fundente en la misma mezcla con una temperatura de cocción de 800 °C se obtuvo una resistencia a la compresión de 17 MPa, que según la norma de albañilería E-070 sería catalogado como ladrillo tipo V con mejor resistencia a la compresión. De acuerdo con los resultados, el porcentaje óptimo de vidrio sodo-calcico es de 30% en eso, la resistencia máxima obtenida utilizando vidrio sodo-calcico es de 28 MPa a 900 °C y la temperatura mínima para la cocción de ladrillos de arcilla cocida es de 800°C manteniendo una resistencia a la compresión de 17 MPa (Rocío Tamayo, 2012).

**Tesis: "Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca, 2014.**

**Resistencia a la compresión:**

La resistencia a la compresión promedio de los adoquines fabricados sin vidrio son de 36.95 MPa (376.82 kg/cm<sup>2</sup>), 36.67 MPa (373.93 kg/cm<sup>2</sup>) y 36.73 MPa (374.53 kg/cm<sup>2</sup>). Con estos valores hallados se cumple lo establecido en la norma NTP 399.611 de 33 MPa (340 kg/cm<sup>2</sup>) para adoquines de tipo II de tráfico vehicular ligero.

En el caso de adoquines con porcentaje de vidrio los valores del ensayo de resistencia a la compresión son de 33.58 MPa (342.42 kg/cm<sup>2</sup>), 35.58 MPa (362.86 kg/cm<sup>2</sup>), 37.06 MPa (377.94 kg/cm<sup>2</sup>), 37.75 MPa (384.93 kg/cm<sup>2</sup>) y 38.17 MPa (389.26 kg/cm<sup>2</sup>). Con estos valores hallados se cumple en la mayoría lo establecido como mínimo en la NTP 399.611 de 33 MPa (340 kg/cm<sup>2</sup>) para adoquines de tipo II de tráfico vehicular ligero (Barboza, 2014).

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1 Materia Prima:**

#### **Origen de las arcillas**

La arcilla proviene de una roca sedimentaria compuesta de uno o varios minerales, rica en silicatos hidratados de aluminio, hierro o magnesio, alúmina hidratada u óxido férrico, componentes que le da diferentes propiedades (Osorio, 2005).

#### **Composición de la arcilla**

La arcilla, en su estado natural, está compuesta de uno o varios minerales arcillosos. En esencia los minerales de arcilla son silicatos de aluminio, pero también hay presente productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas (Del Río, 1975).

La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y por tanto, las propiedades físico-mecánicas de los elementos hechos con arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, etc. Debido a que el tamaño de los granos de arcilla puede variar mucho



dependiendo el tipo de arcilla al que se esté refiriendo, las propiedades físicas de las arcillas también varían (Rhodes, 1990).

### **Propiedades de la arcilla**

Las propiedades, que dependen de su mineralogía, estado físico e historia geológica, pueden modificarse con relativa facilidad y sus amplios usos son función de sus propias características y de las que resultan al asociarse con otras sustancias (Sociedad Geológica Mexicana, 1964).

Con el fin de entender mejor el comportamiento de la arcilla utilizada para la conformación de la mezcla para ladrillos, a continuación se definen algunas de las principales propiedades de la arcilla.

- **Plasticidad**, esta propiedad le permite a la arcilla en combinación con el agua necesaria, adquirir cierta flexibilidad, y se puede con la masa amoldar diferentes formas de objetos o ladrillos.
- **Contracción**, tiene efecto durante el secado. La pérdida de agua se inicia en los poros superficiales, continuando éstos en los poros interiores, hasta conseguir un equilibrio, entonces por arrastre se contraen los poros disminuyendo el volumen.
- **Aglutinación**, es la propiedad por la cual las arcillas se consolidan en una masa.
- **Porosidad y absorción de agua**, dependiendo de los componentes estos pueden ser impermeables.
- **Vitrificación**, es la propiedad de las arcillas de hacerse duras. A temperaturas muy elevadas la pasta se vitrifica, se vuelve más sonora y que queda dura.

### **2.2.2 Ladrillos :**

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno, 1981).

Según Gallegos, 2005, define al ladrillo como el componente básico para la construcción de la albañilería y la construcción.

Schneider y Dickey (1980), definen como una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003), denomina al ladrillo como la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquisto arcilloso, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema).

### **2.2.3 Proceso de fabricación de ladrillos de arcilla:**

Pasos básicos para la fabricación de ladrillos son.

#### **A. Selección y preparación de la mezcla**

Etapa muy importante de la fabricación. De la fineza de la pasta depende en gran parte que el producto sea bien logrado, aspecto, resistencia (Barranzuela, 2014).

La excavación se realiza de forma manual a una profundidad menor de dos metros. En estos métodos se hacen cortes profundos en el paisaje (Barranzuela, 2014).

La arcilla debe someterse a un tratamiento de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas.

La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece a la descomposición de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material (Barranzuela, 2014).

La principal dificultad inherente a la fabricación consiste en la elección de una mezcla de diferentes arcillas. Así por ejemplo con aquellas que son muy grasas se les mezclará con materiales desgrasantes como la arena (Rebusté, 1969).

El porcentaje de agua utilizada para la mezcla es aproximadamente del 25% del total (Jiménez, 2005).

## **B. Moldeado**

En esta etapa, se le da a la arcilla la forma que las unidades de albañilería deberán tener después de la cocción. Este proceso se realiza a mano o empleando máquinas (Barranzuela, 2014).

El proceso de moldeado en la producción de ladrillo artesanal consiste en llenar las gaveras vaciando la mezcla con fuerza dentro de ellas, compactándola con las manos y después alisándola con un rasero, que es un palo cilíndrico que se usa para quitar la parte que excede de una medida determinada (Rhodes, 1990).

## **C. Secado:**

El secado consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta (Barranzuela, 2014).

En el proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar al ladrillo recién moldeado en un lugar seco y bajo sombra, para que pierda humedad y sea posible su manipulación (Barranzuela, 2014).

En este proceso de secado se involucran dos fenómenos físicos: transferencia de calor y transferencia de masa. La transferencia de calor se da cuando el ladrillo y el ambiente encuentran un equilibrio térmico, del cual dependerá en parte la velocidad de difusión del agua presente en la arcilla (Rhodes, 1990).

El secado puede ser forma natural o artificial. En el primer caso el secado está condicionado a las características climáticas de la región y algunas veces el lugar de secado es colocado sobre los hornos para que de esta manera se pueda recuperar algo de la energía perdida a través de la bóveda del horno (Barranzuela, 2014).

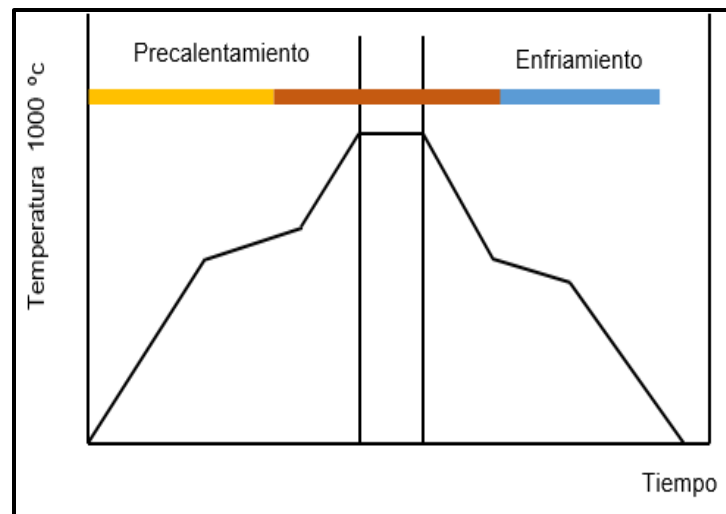
El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento (Rebusté, 1969).

#### **D. Cocción:**

La cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, ya que la arcilla sin cocer tiene propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo consiguen las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final (Barranzuela, 2014).

Las fases de cocción en el horno son tres: precalentamiento, cocción y enfriamiento (ver imagen 1). En la primera fase se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla. El agua es removida por aire continuamente renovado y aumenta constantemente la temperatura, el precalentamiento se considera terminado cuando toda la masa alcanza los 100 °C (Barranzuela, 2014).

**Gráfico N° 1: Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla**



Fuente: Terán, 2013.

## 2.2.4 Usos y propiedades de los ladrillos de arcilla:

### 2.2.6.1 Usos:

Según Pajuelo, 2008, describe los diferentes usos del ladrillo.

- **Usos del ladrillo en ambiente urbano:** El ladrillo brinda buenos resultados estilísticos además es práctico y permite diversas técnicas constructivas. Por sus propiedades, el ladrillo permite un lugar fresco en clima cálido y abrigado en clima frío.
- **Usos del ladrillo en ambiente rural:** Por sus características de resistencia y durabilidad, el ladrillo es un material excelente para construir en zona rural.
- **Usos del ladrillo en estructuras:** El ladrillo ha demostrado poseer una fortaleza superior para soportar estructuras. Además debe de tomarse en cuenta que conserva una apariencia que armoniza estilísticamente.
- **Usos del ladrillo en áreas de alto tránsito:** el ladrillo es un material que ha sido utilizado extensamente en la construcción

de calzadas, espacios comunes, pasillos y otras zonas consideradas como de alto tránsito.

#### 2.2.6.1 Usos:

Según la norma, E.070, 2006.

- Sin materias extrañas.
- De color uniforme.
- Sin rajaduras o grietas.
- Debe tener un sonido metálico al golpearlo.
- Variabilidad dimensional.

#### 2.2.6.1 Propiedades de los ladrillos:

Según Somayaji, 2001, describe las propiedades de los ladrillos.

- **Color:** Depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro tiene el mayor efecto sobre el color.
- **Textura:** Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración.

#### 2.2.6.1 Propiedades en ingeniería:

Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas son las siguientes (Gallegos, 2005).

##### A. Relacionadas con la resistencia estructural:

- **Resistencia a la compresión:** Propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión.
- **Variabilidad dimensional** con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.

- **Alabeos**, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.
- **Succión** o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.

#### **B. Relacionadas con la durabilidad:**

Según Gallegos, 2005, menciona:

- **Absorción:** Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido.
- **Resistencia a la congelación:** Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.
- **Resistencia al fuego:** Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.
- **Aislamiento térmico:** Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.

#### **2.2.5 Clasificación de los ladrillos:**

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones, clasifica al ladrillo en cinco tipos (E.070, 2006).

- **Tipo I:** Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- **Tipo II:** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.

- **Tipo III:** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.
- **Tipo IV:** Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.
- **Tipo V:** Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003), clasifica a los ladrillos de arcilla, en cuatro tipos, tal como sigue:

- **Tipo 21:** Para uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- **Tipo 17:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.
- **Tipo 14:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- **Tipo 10:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

#### **2.2.6 Usos aplicaciones y propiedades del vidrio :**

Según Hidalgo, 2013, menciona que el vidrio es un material con múltiples aplicaciones en diversas áreas, como: el campo cotidiano, el industrial y el plano científico. Su uso no solo es estético y comercial, ya que su aplicación ha permitido desarrollar numerosos experimentos claves a lo largo de la historia como: el cultivo de microbios, la invención de tubo de rayos catódicos y el desarrollo de telescopios, microscopios, lentes fotográficos; por mencionar grupos.



El tipo de vidrio que representa el mayor porcentaje de la producción mundial, es el sílico-sódico-cálcico. Dentro de sus aplicaciones más comunes se tiene su uso como elemento constructivo en ventanas, puertas, vitrinas, espejos, etc; en recipientes, en elementos decorativos tales como botellas, vasos, jarros, etc.

#### 2.2.6.1 Propiedades: (Saumell, 2014)

Los vidrios pueden tener propiedades ópticas, mecánicas y térmicas, muy diversas según su composición química y tratamientos térmicos. En general, el vidrio se caracteriza por ser un material duro, frágil, transparente y resistente a la corrosión, al desgaste y a la compresión. Las propiedades medias para los vidrios silícicos- cálcicos de uso cotidiano.

#### 2.2.7 Requisitos básicos dados por la norma E.070:

Tabla Nº 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Características a compresión $f'_c$ mínimo en Mpa (Kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17,6 (180)

Fuente: Norma Técnica Peruana E-070, 2006.

**Tabla Nº 2: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.**

<b>Límitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales</b>			
<b>TIPO</b>	<b>ZONA Sísmica 2 Y 3</b>		<b>ZONA Sísmica 1</b>
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	NO	Si, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Si	Sí	Sí
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas totalmente rellenas con grout
Hueca	NO	NO	Sí
Tubular	NO	NO	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: E-070, 2006.

**Tabla Nº 3: Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.**

TIPO	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICAS A COMPRESIÓN (mínima daN/cm <sup>2</sup> )	DENSIDAD (mínimo en g/cm <sup>3</sup> )
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	Sin límites	1,50
					60	Sin límites
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	Sin límites	1,60
					70	1,55
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	95	1,60
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	130	1,65
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	180	1,70

Fuente: Norma Técnica Peruana

## 2.2.8 Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación.

**Tabla Nº 4: Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación.**

TIPO	ABSORCIÓN (máx. en %)	COEFICIENTE DE SATURACIÓN (máximo)(2)
I	Sin Límites	Sin Límites
II	Sin Límites	Sin Límites
III	25	0,90
IV	22	0,88
V	22	0,88

Fuente: INTINTEC, 1978.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Arcilla:** Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte del suelo y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, en el medio exógeno se hidrolizan (Romero, s.f).
- **Ladrillo:** Se denomina ladrillo a aquella unidad cuyas dimensiones permitan que pueda ser manipulada con una sola mano; y bloque, a aquella que requiera de ambas manos para su manipulación (E.070, 2006).
- **Resistencia:** La capacidad de un sólido para soportar presiones y fuerzas aplicadas sin quebrarse, deformarse o sufrir deterioros (Zanchetta, 2014).
- **Secado:** El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado de esta manera, poder pasar a la fase de cocción (Franco, 2008).
- **Cocción:** Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C (Franco, 2008).
- **Durabilidad:** La durabilidad es la capacidad de materiales y componentes de conservar las características y funcionalidad para la que fue seleccionado durante su vida útil prevista (Virginia, 2014).
- **Vidrio:** El vidrio es duro, frágil y transparente o translúcido, sin estructura cristalina, obtenido por la fusión de arena silíceas con potasa, que es moldeable a altas temperaturas (Saumell, 2014).
- **Peso:** Es la fuerza de la gravedad sobre el objeto y se puede definir como el producto de la masa por la aceleración de la gravedad (Hyperphysics, 2014).
- **Color:** El color es una experiencia visual, una impresión sensorial que recibimos a través de los ojos, independiente de la materia colorante de la misma (Orozco, 2006).

- **Compresión:** Esfuerzo máximo que presenta un material a la compresión sin romperse (Parro, 2014).
- **Textura:** Es el elemento visual que sirve frecuentemente de “doble” de las cualidades de otro sentido, el tacto. Pero en realidad la textura podemos apreciarla y reconocerla ya sea mediante el tacto, la vista o mediante ambos sentidos (Arquitectura, 2014).

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

El vidrio triturado aumenta en 3% la resistencia a la compresión axial en un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca.

### 3.2. Variables

#### Variables Independientes

- Porcentaje de vidrio triturado adicionado.

#### Variables Dependientes

- Resistencia a la compresión.

### 3.3. Operacionalización de variables.

Tabla Nº 5 Operacionalización de variables.

TÍTULO	PROBLEMA	HIPOTESÍS
"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".	¿Cuál es la influencia del vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca ?	El vidrio triturado aumenta en 3% la resistencia a la compresión axial en un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	SUB VARIABLE O DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE /ITEM
<b>Vidrio triturado</b>	Vidrio común que pasa por un proceso de aplastamiento	Tipo de vidrio	Cantidad de vidrio	%
<b>Resistencia a compresión</b>	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento	Propiedades estructurales	Resistencia a la compresión axial	Máquina de ensayo a la compresión y formatos-Kg/cm <sup>2</sup>
		Aspectos visuales	Dimensiones	Regla graduada -cm
			Peso	Balanza-Kg
			Textura	Observación
			Color	Observación

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## **CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo de diseño de investigación.**

Investigación experimental.

### **4.2. Material.**

#### **4.2.1. Unidad de estudio.**

Ladrillo de arcilla con un porcentaje de vidrio triturado.

#### **4.2.2. Población.**

50 ladrillos de arcilla con un porcentaje de vidrio triturado.

#### **4.2.3. Muestra.**

La muestra que se tomó para el estudio fue en función a la norma E.070 de albañilería. Se utilizó 50 ladrillos de arcilla adicionados un porcentaje de vidrio triturado.

### **4.3. Métodos.**

#### **4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos**

Se fue a la ladrillera ubicada en el cerrillo y se recolectó muestras de arcilla que se utilizará en la investigación de los siguientes ensayos.

### **I. Ensayos De Arcillas**

#### **1. CONTENIDO DE HUMEDAD**

##### **a) Generalidades :**

El contenido de humedad en el suelo, se definió como la cantidad de agua de un suelo, se representa por la siguiente expresión (NTP 339.185, 2013).



$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso Seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100 \dots \dots \dots (1)$$

**Donde:**

- W% = Contenido de humedad.
- Wh = Peso húmedo.
- Ws = Peso Seco.

**b) Materiales y equipos:**

- Arcilla con humedad natural de la ladrillera.
- 3 Taras.
- 1 Horno.
- 1 Balanza.

**c) Procedimiento :**

- Se determinó la cantidad de muestra con la que se tiene que trabajar.
- Se pesaron las taras con sus respectivas identificaciones.
- Se colocaron en las taras el suelo húmedo en el cual se pesó (tara + suelo húmedo).
- Se colocaron las taras en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110° C, para que se pueda eliminar el agua.
- Una vez cumplidas las 24 horas se retiraron las muestras del horno y se dejó enfriar a la temperatura del ambiente y se pesó (tara + muestra seca).
- Una vez obtenido los datos se calculó el contenido de humedad.

**2. LÍMITE LÍQUIDO :**

**a) Material y equipo :**

- Muestra seca pasada por la malla N° 40.
- Agua .
- Balanza con aproximación de 0.01 gr .
- Copa de Casagrande.

- Mortero y mango.

**b) Procedimiento:**

- Se pasó la muestra seca por la malla Nº 40.
- Se pesó la muestra 100 gr.
- Se colocó una muestra en el mortero y se mezcló con agua.
- Se mezcló el agua con la muestra hasta homogeneizar la muestra.
- Después se colocó un poco de muestra en la copa de Casagrande.
- Se partió en dos mitades la muestra colocada en la copa de Casagrande.
- Se empezó a dar los 25 golpes hasta que se unan.
- Se pesó la muestra unida y se llevaron al horno por 24 horas.

**3. LÍMITE PLÁSTICO:**

**a) Material y equipo:**

- Muestra seca pasada por la malla Nº 40.
- Agua .
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Copa de Casagrande.
- Mortero y mango.

**b) Procedimiento:**

- Se pasó la muestra seca por la malla Nº 40.
- Se pesó la muestra 100 gr.
- Se colocó una muestra en el mortero y se mezcló con agua.
- Se mezcló el agua con la muestra hasta lograr una masa consistente.
- Se toma un pedazo de muestra y se empezó dar forma de gusanito con la presión de la mano hasta lograr una muestra de diámetro de 3 mm.
- Se cortó la muestra por mitades iguales.
- Se pesaron las muestras y se llevaron al horno por 24 horas.

#### **4. GRANULOMETRÍA DE LA ARCILLA:**

##### **a) Material y equipo:**

- Suelo arcilloso 200 gr.
- Juego de tamices Nº 4, 10, 20, 40, 60, 140, 200.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.

##### **b) Procedimiento:**

- Se seca la muestra al aire libre.
- Se coloca la muestra en la malla número 200 y se lava con mucho cuidado.
- Las partículas retenidas en la malla Nº 200 se coloca en una tara y se pone al horno por 24 horas.
- Se pasa la muestra por las mallas.

## **II. Elaboración de ladrillos de arcilla adicionados vidrio triturado**

### **1. Procedimiento :**

- Se realizó la trituración de los vidrios de manera manual, después se pesó la cantidad a utilizar en la mezcla.
- Se realizó la recepción de la materia prima de los ladrillos de arcilla: arcilla, arena y agua.
- Se añadió el vidrio triturado en un 5%, 10%, 15%, 25%, 50%, para cada mezcla sin vidrio.
- Se vertió la mezcla con una palana, hasta mezclar toda la mezcla con el vidrio, añadiendo agua necesaria para cada mezcla.
- Se colocó una cantidad necesaria de mezcla en cada molde.
- Se compactó bien la mezcla en el molde.
- Una vez bien moldeado se sacaron los ladrillos del molde con mucho cuidado, porque esto genera la deformación de la masa.
- El mismo procedimiento se realizó para todas las muestras necesarias con un 5%, 10%, 15%, 25%, 50%.
- Se esperó 21 días para que las muestras sequen.

- Se pusieron las muestras en el horno por 8 días para su cocción.
- Se retiraron las muestras del horno.
- Se transportaron las muestras a la Universidad Privada del Norte para realizarle los ensayos respectivos.

**Grafico Nº 2: Elaboración de ladrillos de arcilla artesanal.**



Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 2. Materiales

### Arcilla:

La arcilla para la elaboración de ladrillos cumplió con NTP 339.18.

La arcilla que se utilizó en la elaboración de los ladrillos fue empacada en sacos y almacenada en un lugar seco.

## 3. Proporciones:

Tabla N° 6: Proporciones de material para la elaboración de arcillas.

Vidrio (0%)	
Material	Cantidad
Arcilla (Kg)	3
Agua de diseño (Kg/m <sup>3</sup> )	2
Vidrio molido grueso (Kg)	0

Fuente: Elaboración propia.

### Dosificación por unidad de ladrillo:

Tabla N° 7: Dosificación por unidad de ladrillo.

Porcentaje de vidrio	0%	5%	10%	15%	25%	50%
Arcilla (Kg)	3	3	3	3	3	3
Agua (Kg/m <sup>3</sup> )	2	2	2	2	2	2
Vidrio molido grueso (Kg)	0	0.15	0.3	0.45	0.75	1.5

Fuente: Elaboración propia.

### Dosificación para 10 unidades de ladrillo:

Tabla N° 8: Dosificación para 10 unidades de ladrillo.

Porcentaje de vidrio	0%
Arcilla(kg)	30
Agua de diseño (Kg/m <sup>3</sup> )	6
Vidrio molido Grueso (Kg)	0.00

Fuente: Elaboración propia

### Dosificación por unidad de ladrillo:

Tabla N° 9: Dosificación para 10 unidades de ladrillo.

Porcentaje de vidrio	0%	5%	10%	15%	25%	50%
Arcilla (Kg)	30	30	30	30	30	30
Agua (Kg/m <sup>3</sup> )	6	6	6	6	6	6
Vidrio molido grueso (Kg)	0	1.5	3	4.5	7.5	15

Fuente: Elaboración propia

### III. Ensayos

#### 1. Ensayos realizados a los ladrillos de arcilla

##### A. Ensayo de resistencia a la compresión axial :

##### a) Materiales/Equipos

Según NTP 399.613.

- Máquina para realizar la resistencia a la compresión axial, marca Forney, serie 10165, tiene una capacidad de: 250000 lbs.
- Cinco unidades de ladrillos de arcilla artesanal.
- Cinco unidades de ladrillos de arcilla adicionada vidrio triturado por porcentajes.

##### b) Preparación de las muestras

- Se realizó un refrenado con yeso, no excediendo los 15 mm como espesor puliendo hasta obtener una superficie plana.
- Se repitió el procedimiento en la otra cara del ladrillo de arcilla. Después se verificó que ambas caras sean paralelas.
- Se esperó 1 día, para ser ensayadas.

### c) Procedimiento

- Se ensayaron los ladrillos de arcilla con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo, la carga se aplicó en la dirección de su menor dimensión.
- Se unió la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad proveniente, después se ajustó los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil.

### d) Cálculos:

- La resistencia a la compresión axial se calculará con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A} \dots\dots\dots(2)$$

**Donde:**

$\sigma$  = Resistencia a la compresión axial.

$P$  = Carga de rotura.

$A$  = Área bruta de la sección.

- La sección A se calculará por la siguiente ecuación :

$$A=a \times I \dots\dots\dots (3)$$

**Donde:**

$a$  = ancho de la muestra, en centímetro

$I$  = Largo de la muestra, en centímetro



## **B. Medidas del tamaño:**

Según NTP 399.613.

### **a) Materiales**

- Regla de acero graduada de 30 cm.

### **b) Procedimiento**

- Medir 10 unidades enteras y secas.
- Medir longitud, ancho y altura.
- El ancho se mide a través de los extremos y ambas caras.
- El alto se mide a treves de los extremos y ambas caras.

## **C. Absorción: (NTP 399.613)**

### **a) Materiales**

- Se seleccionaron 5 unidades de ladrillo de arcilla artesanal adicionado vidrio triturado.
- Balanza con una precisión de 0,5 g.
- Recipiente de agua.
- Horno a una temperatura entre 110 °C y 115 °C.

### **b) Procedimiento:**

- En primer lugar se sumergieron los ladrillos de arcilla artesanal en un recipiente con agua por 24 horas, nos aseguramos que la temperatura este entre 15 °C y 30 °C.
- En segundo lugar se sacaron los ladrillos de arcilla artesanal del agua, secándolo con una franela y se pesó para obtener su peso saturado.

- En tercer lugar se colocaron los ladrillos de arcilla artesanal al horno entre 110 °C y 115 °C por 24 horas, se retiraron del horno y se pesaron obteniendo su peso seco al horno.
- Como cuarto paso se calculará la absorción A (%) de la siguiente manera.

$$A (\%) = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \dots\dots\dots (4)$$

**Donde:**

Ws= Peso saturado del ladrillo

Wd= Peso seco al horno del ladrillo.

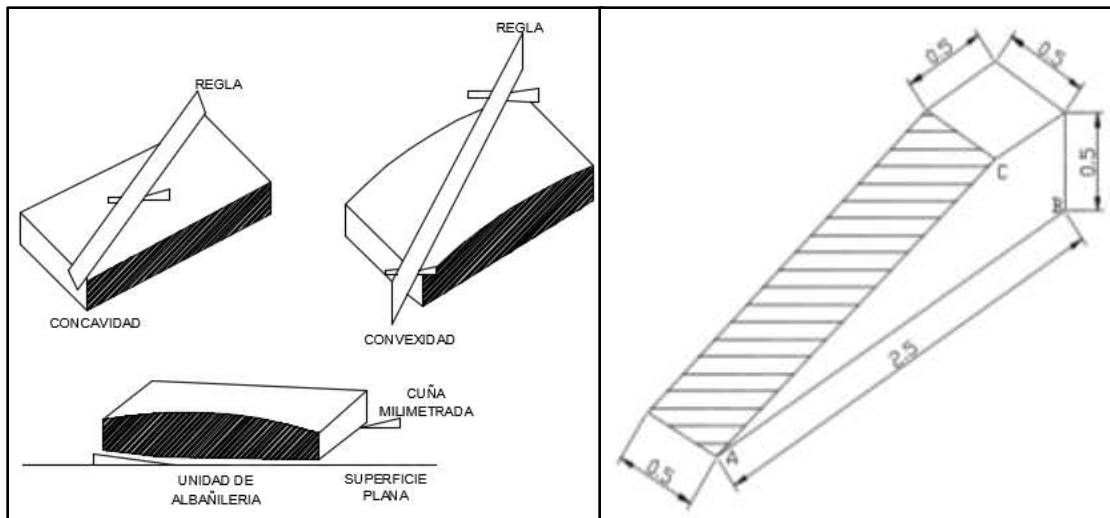
#### **D. Alabeo**

Según NTP 399.613.

##### **a) Materiales**

- Una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm.
- Cuña de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho por 12,5 mm de espesor en un extremo.
- La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm.

Gráfico Nº 3: Cuña para ensayo de alabeo.



Fuente: NTP 399.613

**b) Procedimiento:**

- Para realizar este ensayo se coloca la unidad en una mesa plana, dependiendo del tipo de alabeo, si es cóncavo se introduce una cuña metálica graduada en la zona que presente mayor flecha, si el tipo de alabeo es convexo, se acomoda una regla metálica hasta que las medidas de los extremos sean iguales, introduciéndose allí la cuña.
- La concavidad y convexidad se miden con una regla y una cuña graduada, expresándose en milímetros.

**4.3.2. Para analizar información:**

La información obtenida en los ensayos realizados a la arcilla y el vidrio, a los cuales se realizó contenido de humedad, el límite líquido, el límite plástico, absorción y alabeo. Se realizó hojas de cálculo para poder procesar los datos de cada ensayo realizado en el laboratorio.

Se tamizó el vidrio para determinar el tamaño de vidrio que se utilizará en la elaboración de los ladrillos de arcilla.

Se analizó los ensayos realizados al ladrillo de arcilla adicionado vidrio triturado, que fueron resistencia a compresión, contenido de humedad,

absorción, succión, alabeo, se realizaron hojas de cálculo para procesar los datos de cada uno de los ensayos realizados al ladrillo de arcilla adicionado vidrio triturado.

En el ensayo de resistencia a compresión axial se determinó la deformación y el esfuerzo producido por la carga última.

En la resistencia a la compresión se determinó la resistencia que tiene cada muestra de ladrillo de arcilla, adicionado vidrio triturado por porcentajes de 10%, 15%, 25%, 50%.

## RESULTADOS

En el capítulo 5 se presentan los resultados con características mecánicas de los ladrillos de arcilla adicionados vidrio triturado.

Los aspectos visuales que se determinó de los ladrillos de arcilla adicionado vidrio triturado son: su dimensión, peso, textura y color, absorción, succión, alabeo y la resistencia a compresión axial.

Se mostrarán los resultados obtenidos en los ensayos realizados para la elaboración de los ladrillos de arcilla adicionando vidrio triturado, en los cuales se determinó el contenido de humedad, peso específico, límite líquido y el límite plástico.

### A. Ensayo de contenido de humedad:

Tabla N° 10: Contenido de humedad.

Contenido de humedad promedio (%).	9.614
------------------------------------	-------

Fuente: Elaboración propia

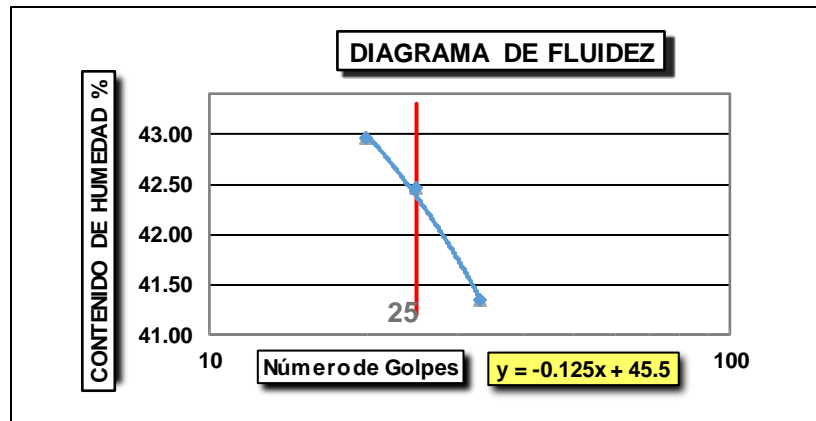
### B. Ensayo de límite líquido y límite plástico.

Tabla N° 11: Límite líquido y límite plástico.

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Límite líquido (%)	42.38
Líquido plástico (%)	22.54
Índice de plasticidad (%)	19.83

Fuente: Elaboración propia, 2015

Gráfico N° 4: Límite líquido y límite plástico.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

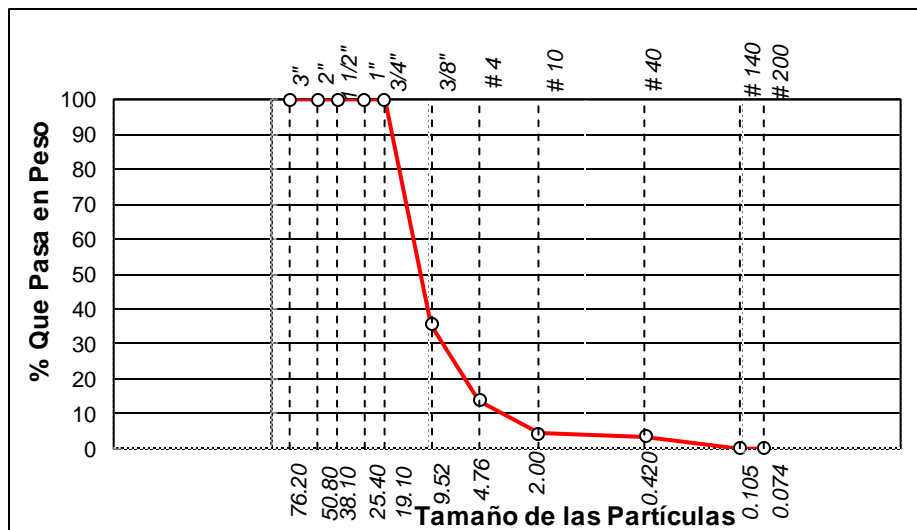
### C. Granulometría

Tabla N° 12: Granulometría.

Tamiz	Peso Ret. Parcial	Peso Ret.
3"	0	0.00
2 1/2"	0	0.00
2"	0	0.00
1 1/2"	0	0.00
1"	0	0.00
3/4"	0	0.00
1/2"	0	0.00
3/8"	1	0.93
1/4"	0	0.00
#4	0	0.31
#8	0	0.00
#10	0.134	0.13
#16	0	0.00
#20	0	0.00
#40	0.01	0.01
#60	0.012	0.01
#100	0.04	0.04
#200	0	0.00
<#200	0	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2015.

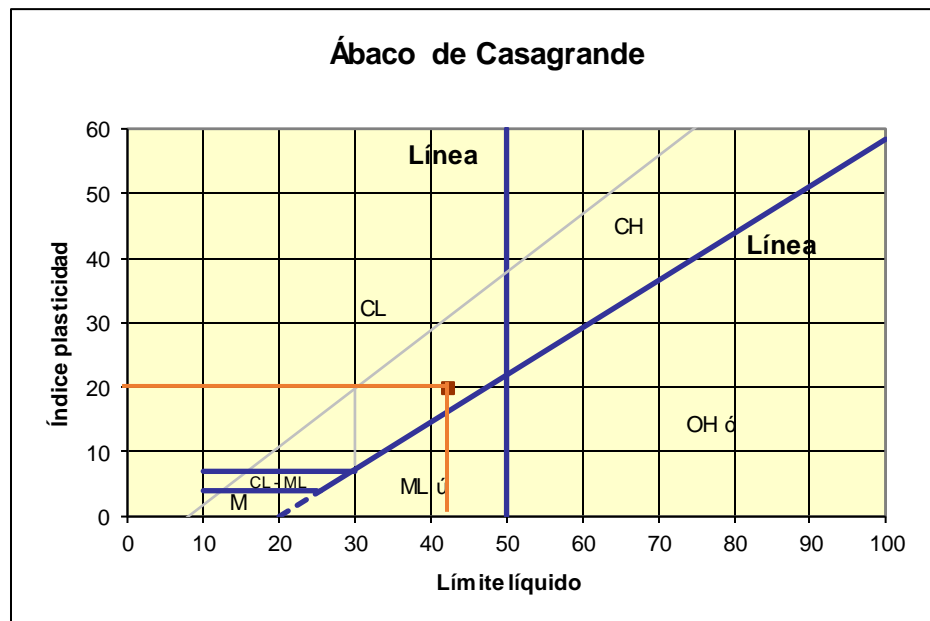
Gráfica N° 6: Curva granulométrica.



Fuente: Elaboración propia, 2015

#### D. Clasificación de materia prima según S.U.C.S .

Gráfico N° 5: Clasificación de materia prima según S.U.C.S.



#### Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.

#### Arcillas Limosas CL

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## E. Ensayo de ladrillo

### a) Aspectos Visuales

Tabla N° 13: Muestras sin vidrio.

Muestra N°	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	Textura	Color
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.9	12.5	7.6	3.312	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.4	7.5	3.294	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.5	7.6	3.312	Rugosa	Naranja
4	21.8	12.3	7.4	3.298	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.6	7.7	3.306	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 14: Muestras con 5% de vidrio.

MuestraN°	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	Textura	Color
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.5	12.4	7	3.382	Rugosa	Naranja
2	21.5	12.2	7.1	3.43	Rugosa	Naranja
3	21.5	12.3	7.1	3.438	Rugosa	Naranja
4	21.5	12	7.1	3.406	Rugosa	Naranja
5	21.5	12.2	7.1	3.444	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.



Tabla N° 15: Muestras con 10% de vidrio.

Muestra N°	CARACTERÍSTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	Textura	Color
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	22	12.9	7.8	3.494	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.9	7.5	3.424	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.4	7.8	3.404	Rugosa	Naranja
4	22	15.5	7.9	3.466	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.7	7.8	3.416	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 16: Muestras con 15% de vidrio.

Muestra N°	CARACTERÍSTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	Textura	Color
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)			
1	21.4	12.3	7.6	3.484	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.4	7.6	3.518	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.4	7.8	3.494	Rugosa	Naranja
4	21.8	12.3	7.4	3.46	Rugosa	Naranja
5	21.8	12.2	7.3	3.49	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 17: Muestras con 25% de vidrio.

Muestra N°	CARACTERÍSTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	Textura	Color
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.9	12.03	7.5	3.568	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.03	7.6	3.63	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.4	7.5	3.88	Rugosa	Naranja
4	21.9	12.03	7.5	3.662	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.04	7.6	3.644	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 18: Muestras con 50% de vidrio.

Muestra N°	CARACTERÍSTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	Textura	Color
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.9	12.8	7.6	3.918	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.6	7.7	3.856	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.8	7.5	3.88	Rugosa	Naranja
4	21.9	12.8	7.5	3.844	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.6	7.6	3.83	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## b) Absorción

Tabla N° 19: Absorción de muestras sin vidrio.

Muestras	Absorción promedio (%)
Sin vidrio	17.09

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 20: Absorción de muestras con vidrio.

Muestras(Con vidrio )	Absorción promedio (%)
5% de vidrio	16.17
10% de vidrio	15.48
15% de vidrio	26.16
25% de vidrio	16.29
50% de vidrio	12.54

Fuente: Elaboración propia, 2015.

### c) Alabeo

Tabla N° 21: Alabeo muestras sin vidrio.

Muestra	Alabeo Promedio	
Sin vidrio	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
	2.3	0.4

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 22: Alabeo muestras con vidrio.

Muestra	Alabeo Promedio	
Con vidrio	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
5% de vidrio	3.4	1.3
10% de vidrio	2.9	1.2
15% de vidrio	3.7	1.7
25% de vidrio	4.1	1.1
50% de vidrio	4.2	0.9

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 23: Alabeo clasificación

según norma E.070.

Alabeo de la Unidad			Clasificación norma E.070
Muestra	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	
Sin vidrio	2.3	0.4	Tipo V
5% de vidrio	3.4	1.3	Tipo IV
10% de vidrio	2.9	1.2	Tipo V
15% de vidrio	3.7	1.7	Tipo IV
25% de vidrio	4.1	1.1	Tipo IV
50% de vidrio	4.2	0.9	Tipo IV

Fuente: Elaboración propia, 2015.

#### d) Succión

Tabla N° 24: Succión muestras sin vidrio.

Muestra	Succión promedio (mm)
Sin vidrio	43.74

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 25: Succión muestra con vidrio.

Muestra (Con vidrio)	Succión promedio
5% de vidrio	43.74
10% de vidrio	21.37
15% de vidrio	37.55
25% de vidrio	26.46
50% de vidrio	80.11

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 26: Succión clasificación según norma ITINTEC 331.017.

Succión		Clasificación por norma
Muestra	Succión promedio	
Sin vidrio	35.32	Tipo V
5% de vidrio	43.74	Tipo III
10% de vidrio	21.37	Tipo V
15% de vidrio	37.55	Tipo V
25% de vidrio	26.46	Tipo V
50% de vidrio	80.11	No clasifica

Fuente: Elaboración propia, 2015.

#### e) Resistencia a la compresión :

Tabla Nº 27: Resistencia a la compresión muestra sin vidrio norma E.070, 2006.

Muestra	Resistencia a la compresión promedio	
	Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Sin vidrio	91.64	8.99

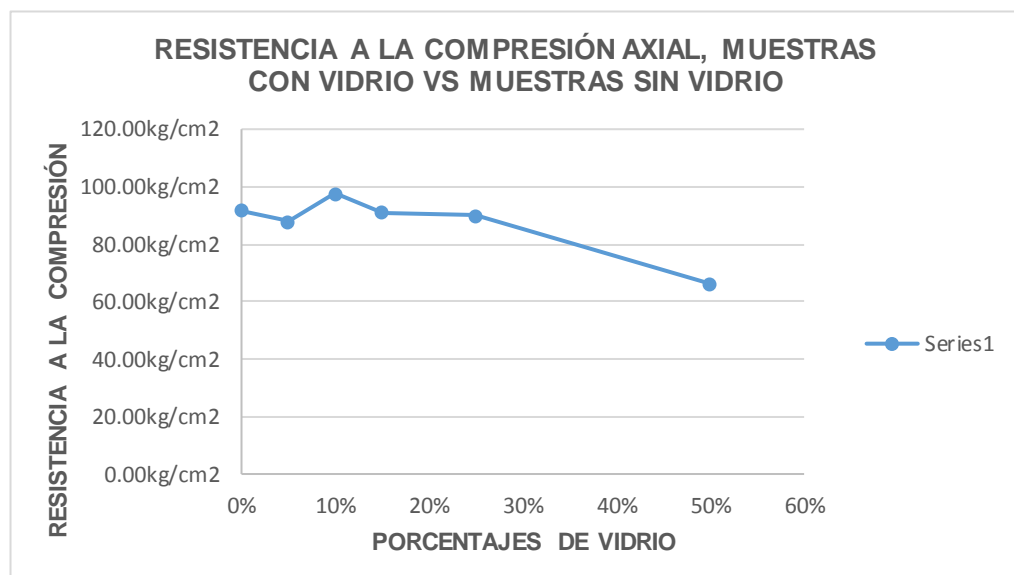
Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 28: Resistencia a la compresión, muestra  
con vidrio norma E.070, 2006.

Muestra	Resistencia a la compresión promedio	
	Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
5% de vidrio	88.03	8.63
10% de vidrio	97.74	9.59
15% de vidrio	90.97	8.92
25% de vidrio	89.81	8.81
50% de vidrio	66.21	6.49

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico N° 6: Resistencia a la compresión,  
muestras con vidrio (%) y sin vidrio.



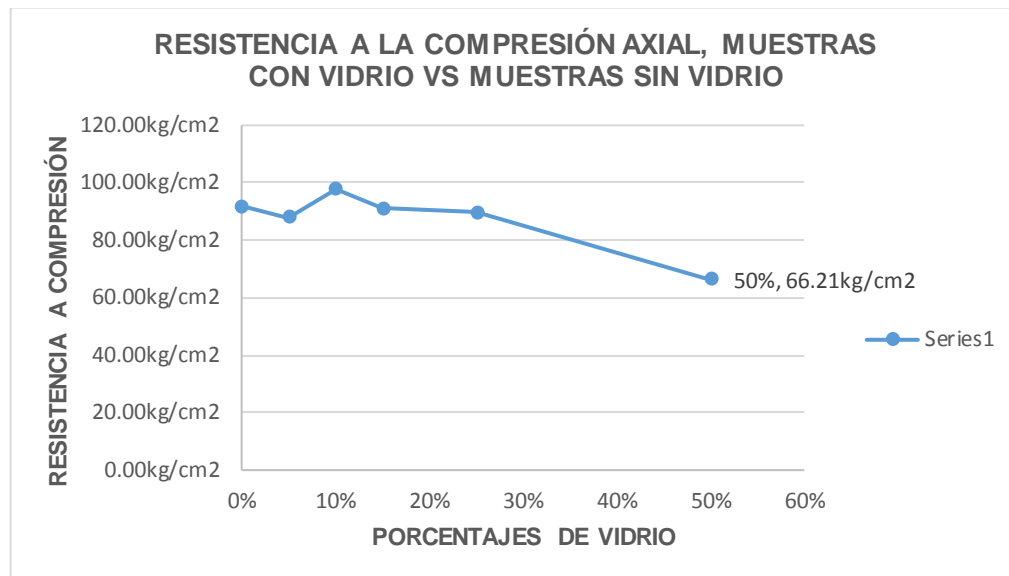
Fuente: Elaboración propia, 2015.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

Se evaluó la resistencia a la compresión, absorción, succión, alabeo, contenido de humedad de cada muestra de ladrillo de arcilla con vidrio y sin vidrio, Se analizó los resultados de los ensayos realizado al vidrio y a los materiales componentes de la mezcla.

Al comparar la resistencia a la compresión, de un adoquín de concreto adicionado vidrio triturado con un ladrillo de arcilla arsenal adicionado vidrio triturado, la ing. Barboza, 2014 determina que el vidrio triturado le brinda mayor resistencia a la compresión, en el caso de adoquines con porcentaje de vidrio los valores del ensayo de resistencia a la compresión son de 33.58 MPa (342.42 kg/cm<sup>2</sup>), 35.58 MPa (362.86 kg/cm<sup>2</sup>), 37.06 MPa (377.94 kg/cm<sup>2</sup>), 37.75 MPa (384.93 kg/cm<sup>2</sup>) y 38.17 MPa (389.26 kg/cm<sup>2</sup>). Con estos valores hallados se cumple en la mayoría lo establecido como mínimo en la NTP 399.611 de 33 MPa (340 kg/cm<sup>2</sup>) para adoquines de tipo II de tráfico vehicular ligero, en cambio en los ladrillos de arcilla artesanales podemos señalar que los mejores resultados se obtuvieron usando 10% de vidrio triturado como reforzante en la elaboración de ladrillos de arcilla, con 10% de vidrio triturado se obtuvo una resistencia de 97.74 kg/cm<sup>2</sup> clasificandose como un ladrillo de tipo III, como se aprecia en la grafica N° 7 y con 15% (90.97 kg/cm<sup>2</sup>), 25% (89.81 kg/cm<sup>2</sup>), 50% (66.21 kg/cm<sup>2</sup>) de vidrio triturado disminuye la resistencia a la compresión ya que el vidrio triturado no se adhiere con la mezcla de arcilla y no permite una buena trabajabilidad de la mezcla generando mayor porosidad en los ladrillos siendo clasificados como ladrillos de tipo I.

Gráfico N° 7: Resistencia a la compresión muestras con vidrio % y sin vidrio



Fuente: Elaboración propia, 2015.

### Absorción:

El porcentaje de absorción promedio de los ladrillos de arcilla fabricados sin vidrio son 17.09 (Sin Vidrio), la norma INTINTEC 331.017 nos especifica que su nivel de absorción es aceptable porque no es mayor que el 22%. Nuestra unidad está dentro del límite.

16.17 (Con 5% de vidrio), 15.48 (Con 10% de vidrio), 26.16 (Con 15% de vidrio), 16.29 (Con 25% de vidrio), 12.54 (Con 50% de vidrio), también cumplen con lo establecido en la norma INTINTEC 331.017 donde el máximo % de absorción es 22% para ladrillos de arcilla de tipo V.

### Alabeo:

Los valores obtenidos de alabeo promedio de ladrillo de arcilla sin vidrio son de 2.3 mm el cual según la norma E.070 se clasificaría como un ladrillo de tipo V.

Los valores de los ladrillos de arcilla con porcentaje de vidrio son 3.4 mm (5 % de Vidrio), 2.9 mm (10% de vidrio), 3.7 mm (15% de vidrio), 4.1 mm (25% de vidrio), 4.2 mm (50% de vidrio). Según la norma E.070 los ladrillos con un 5%, 15%, 25%, 50%, de vidrio con clasificados como un ladrillo de tipo IV y el ladrillo con un 10% de vidrio es clasificado como un ladrillo de tipo V.



### **Succión:**

Los valores obtenidos de succión promedio de los ladrillos de arcilla sin vidrio son de 35.32, tiene una succión aceptable según la norma INTINTEC 331.017.

En el caso de los ladrillos de arcilla con porcentaje de vidrio, los valores de succión promedio son de 43.75 (5% de vidrio), 21.37 (10% de vidrio), 37.55 (15% de vidrio), 26.46 (25% de Vidrio), 80.11 (50% de vidrio). Los ladrillos con 5%, 10%, 15%, 25% de vidrio tienen una succión aceptable probablemente porque tienen una humedad natural pero los ladrillos de 50% de vidrio tiene un valor muy alto de succión, el cual no clasifica según la norma INTINTEC cm<sup>2</sup> 331.017.

Según Ángel Bartolomé (1998), la succión debería tener un valor comprendido entre 10 y 20 gr / 200cm<sup>2</sup>-min. Si aplicamos este criterio en los ladrillos de arcilla, ningún ladrillo está dentro de este rango, los ladrillos de arcilla deberían de ser tratados antes de su asentado para reducir la succión.

## CONCLUSIONES

1. La hipótesis planteada se cumple, pues con la adición de vidrio triturado, se logra incrementar la resistencia a compresión axial del ladrillo de arcilla artesanal en un porcentaje de 10%.
2. De la comparación realizada de la resistencia a compresión de un ladrillo de arcilla artesanal, adicionando vidrio triturado, se logró determinar que entre los (05) porcentajes utilizados, la máxima resistencia se logró adicionando 10% de vidrio triturado con una resistencia de 97.74 Kg/cm<sup>2</sup>.
3. Se logró elaborar los ladrillos de arcilla artesanales añadiéndolo 5%, 10%, 15%, 25% y 50%, viendo que el 10% de vidrio triturado le da mayor resistencia a compresión al ladrillo en cambio el de 50% disminuye la resistencia a compresión.
4. Se analizó las propiedades físicas como son: 42.38% de límite líquido, 2.54% límite plástico, 19.83% de índice de plasticidad, 9.614 de contenido de humedad, así también la realización de la granulometría, de acuerdo a este análisis la materia es clasificada como un CL.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se elaboren ladrillos de arcilla artesanales con otro tipo de materiales: polietileno, caucho y papel.
2. Se sugiere extender esta investigación con la finalidad de encontrar el porcentaje adecuado para la buena resistencia del ladrillo de arcilla.
3. Se recomienda realizar estudios de impacto ambiental en el triturado del vidrio.

## REFERENCIAS

1. 3331.017, N. (2003). *Ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima: INDECOPI.
2. 339.185NTP. (2013). *Norma Técnica Peruana*. Lima.
3. Anthony, P. A. (5, Sábado de Junio de 2008). *Historia del ladrillo*. Obtenido de <http://pajueloamezanthony.blogspot.pe/>.
4. Arquitectura. (Septiembre de 2014). *Estudia Arquitectura*. Obtenido de <http://r-estudiarq.blogspot.com/2008/07/textura-en-la-arquitectura.html>
5. Barboza, L. K. (2014). *Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca 2014*. Cajamarca.
6. Barranzuela, L. J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*. Piura.
7. Cabrera, B. B. (2012). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo king kong, del C.P. El cerrillo -Baños del Inca y Lark de Lambayeque*. Cajamarca.
8. Del Río, J. B. (1975). *Materiales de construcción*. Barcelona .
9. E.070. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
10. Ecohabitar. (2013). *Uso de la arcilla en la construcción*. Ecohabitar, 2.
11. Franco, J. M. (2008). <http://jonathanmanuelfrancotancun.blogspot.pe/>.
12. Gallegos, H. (2005). *Albañilería Estructura*. Perú: Fondo Editorial PUCP.
13. Gaspar, D. A. (2004). *Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín*. Lima - Peru .
14. Hermites, E. M. (s.f). *Ladrillo con botellas*. Universidad San Martín.
15. Hyperphysics. (Septiembre de 2014). *Hyperphysics*. Obtenido de Hyperphysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/mass.html>
16. Jiménez, A. &. (2005). *Transferencia de tecnología a ladrilleras en Cholula elaborando un manual de capacitación y diseñando pruebas de laboratorio con capacidad para cocer veinte ladrillos de arcilla, para analizar y mejorar el proceso de producción*. México.
17. Moreno, F. (1981). *El ladrillo en la construcción*. España: CEAC.
18. Orozco, D. (2006). *Tecnología Para La Industria. Productos-Servicios Para Ingenieros*. Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/color/>: <http://conceptodefinicion.de/color/>
19. Parro. (2014). *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. Obtenido de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-compresion>

20. Peruana, N. T. (2003). *Ladrillos de arcilla usados en albañilería Requisitos (NTP331.017: 2003)*. Lima: INDECOPI.
21. Rebusté, E. (1969). *Técnica y práctica de la industria ladrillera*. Barcelona: CEAC.
22. Rhodes, D. (1990). *Arcilla y vidriado para el ceramista*. España: CEAC.
23. Rocío Tamayo, R. G. (2012). *Efecto reforzante del vidrio reciclado en la elaboración de ladrillos artesanales*.
24. Roger, L. Y. (2011). *Estudio de la factibilidad técnica del diseño de bloques de concreto sustituyendo el agregado fino por aliven*. Venezuela.
25. Romero. (s.f). *Las arcillas: Propiedades y Usos*. Madrid: Universidad Salamanca.
26. Sánchez, M. F. (2010). *Mejoramiento y Tecnificación de extrusora para la elaboración de ladrillos artesanales*. Guatequil -Ecuador.
27. Saumell, C. (Septiembre de 2014). *Casa Saumell*. Obtenido de <http://www.casasaumell.com.ar/pdf/InformeTecnicoVidrio.pdf>
28. Schneider, E. y. (1980). *Reinforced masonry desing. Prentice Hall Civil Enginnering and Enginnering Mechanics Series*. Englewood,.
29. Somayaji, S. (2001). *Civil engineering materialsn (2ª)*. New jersy: Prentice Hall.
30. Virginia. (s.f.). Obtenido de UVA.
31. Virginia. (Setiembre de 2014). Obtenido de UVA.
32. Zanchetta, M. B. (20 de Septiembre de 2014).

## **ANEXO 1:**

## CONTENIDO DE HUMEDAD

**TESIS:**

"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".

**MATERIAL:** Arcilla

**FECHA DE MUESTREO :**.....

**FUENTE DEL MATERIAL:**.....

**NORMA :**.....

METODO SECADO AL HORNO			
MUESTRA N°	1	2	3
Peso recipiente (gr)			
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)			
Peso recipiente + muestra seca (gr)			
Peso muestra seca (gr)			
Peso del agua (%)			
Contenido de humedad (%)			

**OBSERVACIONES:**.....

.....

.....

Asesor: Ing. Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Ing. Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán

## ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

**TESÍS:**

"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".

**MATERIAL:** Arcilla

**FECHA DE MUESTREO :**.....

**FUENTE DEL MATERIAL :**.....

**NORMA :**.....

Tamiz	Abert. mm.	Peso Ret. Parcial	Peso Ret.	%Ret Parc.	% Ret Acu.	% Pasa.
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.100					
1/2"	12.700					
3/8"	9.520					
1/4"	6.350					
#4	4.760					
#8	2.360					
#10	2.000					
#16	1.190					
#20	0.850					
#40	0.420					
#60	0.250					
#100	0.105					
#200	0.074					
<#200	FONDO					

.....

Asesor: Ing. Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Ing. Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán



## ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

### TESÍS:

"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".

**MATERIAL:** Arcilla

**FECHA DE MUESTREO :**.....

**FUENTE DEL MATERIAL :**.....

**NORMA :**.....

LÍMITE LÍQUIDO			
N° Tarro	1	2	3
Tarro + Suelo húmedo			
Tara + Suelo seco			
Agua			
Peso de tara			
Peso del suelo seco			
% de humedad			
N° de golpes			
LÍMITE PLÁSTICO			
N° TARRO	4	5	6
Tara + Suelo húmedo			
Tara + Suelo seco			
Agua			
Peso de tara			
Peso del suelo seco			
% de humedad			

.....

Asesor: Ing. Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Ing. Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán

## ENSAYO DE ABSORCIÓN

### TESÍS:

“Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015”.

**Material:** arcilla

**Fecha de muestreo :** .....

**Fuente del material :** .....

**Norma :** .....

Probeta N°	1	2	3	4	5
Peso seco Wd (Kg):					
Peso saturado Ws (Kg):					
Absorción (%)					
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )					

Cálculo de Absorción:

$$\text{Absorción (\%)} = \left[ \frac{(B-A)}{A} \right] \times 100$$

.....

Asesor: Ing. Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Ing. Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán

## ASPECTOS VISUALES

### TESÍS:

"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".

**Material:** arcilla

**Fecha de muestreo :** .....

**Fuente del material :** .....

**Norma :** .....

Muestra Nº	CARACTERÍSTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	Textura	Color
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1						
2						
3						
4						
5						

.....

Asesor: Ing. Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Ing. Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán

## ENSAYO DE ALABEO

### TESÍS:

"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".

**Material:** Arcilla

**Fecha de muestreo :**.....

**Fuente del material :**.....

**Norma :**.....

Alabeo de la unidad		
Muestra	Concavidad	Convexidad
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
Promedio		

.....

Asesor: Ing. Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Ing. Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán

## ENSAYO DE SUCCIÓN

### TESIS:

"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".

**Material:** Arcilla

**Fecha de muestreo :**.....

**Fuente del material :**.....

**Norma :**.....

Muestra	Largo(cm)	Ancho (cm)	Peso seco(gr)	Peso húmedo(gr)	Succión(gr)
				Promedio	

$$Succión = \frac{(Pm - Ps) * 200}{A}$$

.....

Asesor: Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

### TESIS:

"Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015".

**Material:** Arcilla

**Fecha de muestreo :**.....

**Fuente del material :**.....

**Norma :**.....

**Área (cm<sup>2</sup>):**.....

Deformación (mm)	Carga (kg)	Deformación unitaria (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )

CARGA ÚLTIMA	
Deformación (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )

.....

Asesor: Ing. Gabriel Cachi Cerna

.....

Dr: Ing. Orlando Aguilar Aliaga

.....

Lab: Víctor Cuzco Minchán

## **ANEXO 2:**

## 1. Contenido de humedad

Tabla N° 29: Límite líquido y límite plástico.

MUESTRA N°	1	2	3
Peso recipiente (gr)	93.6	57.3	74.6
Peso recipiente + muestra húmeda (gr)	867.8	914.4	868.7
Peso recipiente + muestra seca (gr)	795.8	846.4	796.7
Peso muestra seca (gr)	702.2	789.1	722.1
Peso agua	72	68	72
Contenido de humedad (%)	10.25	8.62	9.97
Contenido de humedad promedio (%)	9.614		

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 2. Límite líquido y límite plástico

Tabla N° 30: Límite plástico.

LÍMITE PLÁSTICO			
N° Tara	1	2	3
Tara + Suelo húmedo	48.4	42.5	72.3
Tara + Suelo seco	42	38	68
Agua	6.4	4.5	4.3
Peso de tara	27.1	27.4	57.6
Peso suelo seco	14.9	10.6	10.4
% de humedad	42.95	42.45	41.35
N° de golpes	20	25	33

Fuente: Elaboración propia, 2015.

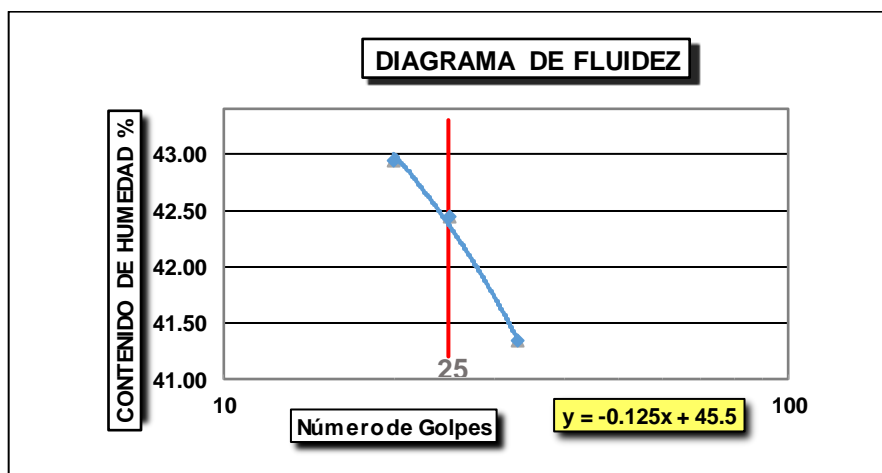


Tabla N° 31: Límite líquido.

N° Tara	1	2
Tara+ Suelo húmedo	39.1	39.9
Tara + Suelo seco	36	38
Agua	3.1	1.9
Peso de tara	25.20	26.40
Peso de suelo seco	10.80	11.60
% de humedad	28.70	16.38

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Gráfico N° 8: Límite líquido y límite plástico.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 32: Límite líquido y límite plástico.

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
Límite líquido (%)	42.38
Límite plástico (%)	22.54
Índice de plasticidad (%)	19.83

Fuente: Elaboración propia, 2015.

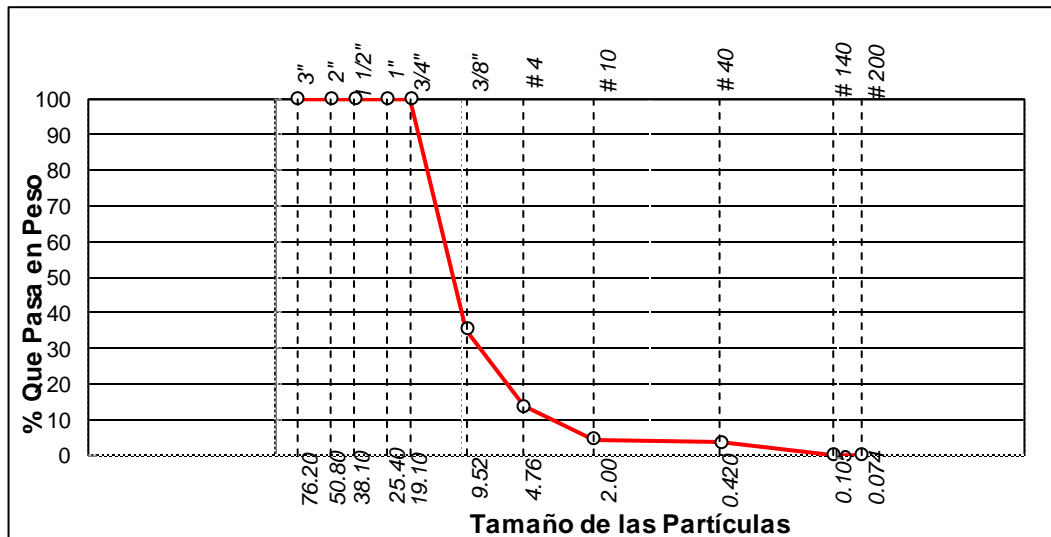
### 3. Granulometría

Tabla N° 33: Granulometría.

Tamiz	Peso Ret. Parcial	Peso Ret.
3"	0	0.00
2 1/2"	0	0.00
2"	0	0.00
1 1/2"	0	0.00
1"	0	0.00
3/4"	0	0.00
1/2"	0	0.00
3/8"	1	0.93
1/4"	0	0.00
#4	0	0.31
#8	0	0.00
#10	0.134	0.13
#16	0	0.00
#20	0	0.00
#40	0.01	0.01
#60	0.012	0.01
#100	0.04	0.04
#200	0	0.00
<#200	0	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2015

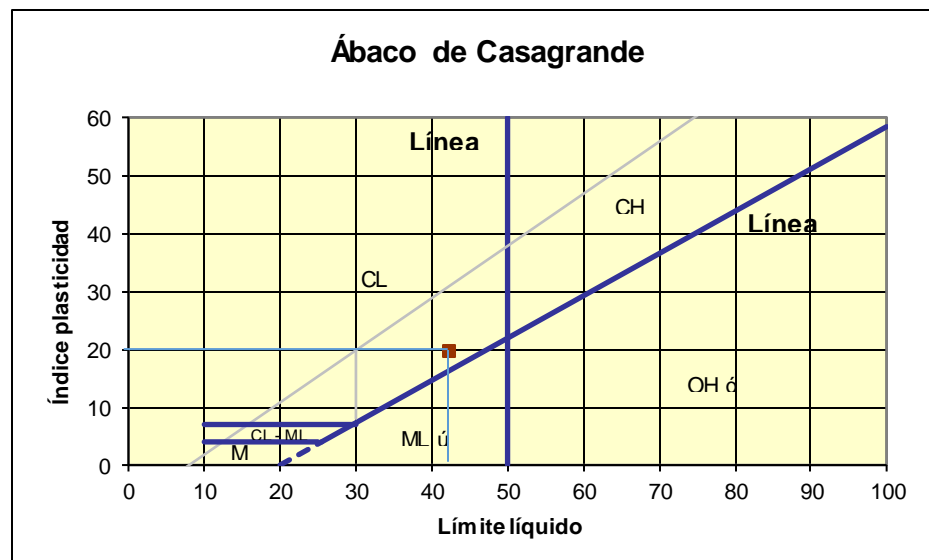
Gráfico N° 9: Curva Granulométrica.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

#### 4. Clasificación de materia prima según S.U.C.S.

Gráfico N° 10: Clasificación de materia prima según S.U.C.S.



#### Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.

**Arcillas Limosas CL**

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 5. Aspectos Visuales

Tabla N° 34: Muestras sin vidrio.

MUESTRA N°	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	TEXTURA	COLOR
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.9	12.5	7.6	3.312	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.4	7.5	3.294	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.5	7.6	3.312	Rugosa	Naranja
4	21.8	12.3	7.4	3.298	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.6	7.7	3.306	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 35: Muestras con 5% de vidrio.

MUESTRA N°	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	TEXTURA	COLOR
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.5	12.4	7	3.382	Rugosa	Naranja
2	21.5	12.2	7.1	3.43	Rugosa	Naranja
3	21.5	12.3	7.1	3.438	Rugosa	Naranja
4	21.5	12	7.1	3.406	Rugosa	Naranja
5	21.5	12.2	7.1	3.444	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 36: Muestras con 10% de vidrio.

MUESTRA N°	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	TEXTURA	COLOR
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	22	12.9	7.8	3.494	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.9	7.5	3.424	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.4	7.8	3.404	Rugosa	Naranja
4	22	15.5	7.9	3.466	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.7	7.8	3.416	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 37: Muestras con 15% de vidrio.

MUESTRA Nº	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	TEXTURA	COLOR
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.4	12.3	7.6	3.484	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.4	7.6	3.518	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.4	7.8	3.494	Rugosa	Naranja
4	21.8	12.3	7.4	3.46	Rugosa	Naranja
5	21.8	12.2	7.3	3.49	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 38: Muestras con 25% de vidrio.

MUESTRA Nº	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	TEXTURA	COLOR
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.9	12.03	7.5	3.568	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.03	7.6	3.63	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.4	7.5	3.88	Rugosa	Naranja
4	21.9	12.03	7.5	3.662	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.04	7.6	3.644	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 39: Muestras con 50% de vidrio.

MUESTRA Nº	CARACTERISTICAS					
	DIMENSIONES			Peso (Kg)	TEXTURA	COLOR
	Largo (cm)	Ancho(cm)	Alto (cm)			
1	21.9	12.8	7.6	3.918	Rugosa	Naranja
2	21.9	12.6	7.7	3.856	Rugosa	Naranja
3	21.9	12.8	7.5	3.88	Rugosa	Naranja
4	21.9	12.8	7.5	3.844	Rugosa	Naranja
5	21.9	12.6	7.6	3.83	Rugosa	Naranja

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 6. Absorción

Tabla N° 40: Absorción de muestras sin vidrio.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Peso seco Wd (Kg):	3.272	3.278	3.274	3.258	3.272
Peso saturado Ws (Kg):	3.838	3.836	3.822	3.814	3.838
Absorción (%)	17.298	17.023	16.738	17.066	17.298
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	17.085				

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 41: Absorción de muestras con 5% de vidrio

Probeta N°	1	2	3	4	5
Peso seco Wd (Kg):	3.362	3.402	3.362	3.374	3.372
Peso saturado Ws (Kg):	3.904	3.948	3.97	3.918	3.92
Absorción (%)	16.121	16.049	16.286	16.123	16.251
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	16.166				

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 42: Absorción de muestras con 10% de vidrio.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Peso seco Wd (Kg):	3.442	3.412	3.39	3.41	3.394
Peso saturado Ws (Kg):	3.974	3.94	3.91	3.936	3.902
Absorción (%)	15.456	15.475	15.339	16.123	14.968
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	15.472				

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 43: Absorción de muestras Con 15% de vidrio.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Peso seco Wd (Kg):	3.466	3.476	3.48	3.44	3.468
Peso saturado Ws (Kg):	4.006	4.024	4.024	3.982	3.982
Absorción (%)	15.580	15.765	15.632	15.756	15.744
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	26.159				

Fuente: elaboración propia, 2015.

Tabla N° 44: Absorción de muestras con 25% de vidrio.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Peso seco Wd (Kg):	3.512	3.62	3.582	3.642	3.624
Peso saturado Ws (Kg):	4.048	4.146	4.372	4.186	4.154
Absorción (%)	15.262	14.530	22.055	14.937	14.625
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	16.282				

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 45: Absorción de muestras con 50% de vidrio.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Peso seco Wd (Kg):	3.902	3.834	3.856	3.804	3.804
Peso saturado Ws (Kg):	4.34	4.442	4.126	4.38	4.316
Absorción (%)	11.225	15.858	7.002	15.142	13.460
Absorción promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	12.537				

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 7. Alabeo

Tabla N° 46: Alabeo de muestras sin vidrio.

Alabeo de la Unidad		
Muestra	Concavidad mm	Convexidad mm
1	1	0
2	2	0
3	4	0
4	1	2
5	2	0
6	3	1
7	2	0
8	2	0
9	2	1
10	4	0
Promedio	2.3	0.4

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 47: Alabeo de muestras con 5% de vidrio.

Alabeo de la Unidad		
Muestra	Concavidad mm	Convexidad mm
1	2	0
2	2	0
3	4	1
4	3	2
5	4	2
6	4	1
7	2	1
8	3	1
9	7	2
10	3	3
Promedio	3.4	1.3

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 48: Alabeo de muestras con 10% de vidrio.

Alabeo de la Unidad		
Muestra	Concavidad mm	Convexidad mm
1	4	3
2	3	3
3	3	0
4	2	1
5	4	1
6	2	0
7	3	1
8	2	0
9	3	1
10	3	2
Promedio	2.9	1.2

Fuente: Elaboración propia, 2015.



Tabla Nº 49: Alabeo de muestras con 15% de vidrio.

Alabeo de la Unidad		
Muestra	Concavidad mm	Convexidad mm
1	3	3
2	6	3
3	1	0
4	6	0
5	5	3
6	1	1
7	2	2
8	6	1
9	5	2
10	2	2
Promedio	3.7	1.7

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 50: Alabeo de muestras con 25% de vidrio.

Alabeo de la Unidad		
Muestra	Concavidad mm	Convexidad mm
1	6	2
2	2	1
3	5	2
4	2	1
5	5	3
6	3	1
7	2	0
8	9	0
9	4	0
10	3	1
Promedio	4.1	1.1

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 51: Alabeo de muestras con 50% de vidrio.

Alabeo de la Unidad		
Muestra	Concavidad mm	Convexidad mm
1	8	2
2	4	0
3	7	3
4	2	0
5	5	2
6	5	1
7	3	0
8	3	0
9	2	0
10	3	1
Promedio	4.2	0.9

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 52: Clasificación de alabeo según norma E.070.

Alabeo de la Unidad			Clasificación Norma E.070
Muestra	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	
Sin Vidrio	2.3	0.4	Tipo V
5% de Vidrio	3.4	1.3	Tipo IV
10% de Vidrio	2.9	1.2	Tipo V
15% de Vidrio	3.7	1.7	Tipo IV
25% de Vidrio	4.1	1.1	Tipo IV
50% de Vidrio	4.2	0.9	Tipo IV

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 8. Succión

Tabla Nº 53: Succión de muestras sin vidrio.

MUESTRA	Largo(cm)	Ancho (cm)	Peso seco(gr)	Peso Húmedo(gr)	Succión(gr)
1	21.5	12.4	3312	3340	21.005
2	21.5	12.2	3294	3336	32.024
3	21.5	12.3	3312	3352	30.251
4	21.5	12.1	3298	3348	38.439
5	21.5	12.2	3306	3378	54.899
<b>Promedio</b>					35.324

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 54: Succión de muestras con 5% de vidrio.

MUESTRA	Largo(cm)	Ancho (cm)	Peso seco(gr)	Peso húmedo(gr)	Succión(gr)
1	21.5	12.4	3362	3434	54.014
2	21.5	12.2	3402	3450	36.599
3	21.5	12.3	3414	3474	45.377
4	21.5	12.1	3374	3430	43.052
5	21.5	12.2	3372	3424	39.649
<b>Promedio</b>					43.738

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla Nº 55: Succión de muestras con 10% de vidrio.

MUESTRA	Largo(cm)	Ancho (cm)	Peso seco(gr)	Peso húmedo(gr)	Succión(gr)
1	22	12.9	3494	3496	1.409
2	21.9	12.9	3424	3470	32.565
3	21.9	12.4	3404	3458	39.770
4	22	12.5	3466	3468	1.455
5	21.9	12.7	3416	3460	31.640
<b>Promedio</b>					21.368

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 56: Succión de muestras con 15% de vidrio.

MUESTRA	Largo(cm)	Ancho (cm)	Peso seco(gr)	Peso húmedo(gr)	Succión(gr)
1	21.4	12.3	3484	3520	27.354
2	21.9	12.4	3518	3556	27.986
3	21.9	12.4	3494	3570	55.973
4	21.8	12.3	3460	3504	32.819
5	21.8	12.2	3490	3548	43.616
<b>Promedio</b>					37.549

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 57: Succión de muestras con 25% de vidrio.

MUESTRA	Largo(cm)	Ancho (cm)	Peso seco(gr)	Peso húmedo(gr)	Succión(gr)
1	21.9	12.3	3568	3626	43.063
2	21.9	12.3	3630	3744	84.642
3	21.9	12.4	3880	3674	-151.716
4	21.9	12.3	3662	3762	74.247
5	21.8	12.3	3644	3754	82.047
<b>Promedio</b>					26.457

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 58: Succión de muestras con 50% de vidrio.

MUESTRA	Largo(cm)	Ancho (cm)	Peso seco(gr)	Peso húmedo(gr)	Succión(gr)
1	21.9	12.8	3918	4020	72.774
2	21.9	12.6	3856	3994	100.022
3	21.9	12.8	3880	4024	102.740
4	21.9	12.8	3844	3942	69.920
5	21.9	12.6	3830	3906	55.084
<b>Promedio</b>					80.108

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 59: Succión clasificación según  
norma ITINTEC 331.017.

Succión		Clasificación por norma
Muestra	Succión promedio (gr)	
Sin vidrio	35.32	Tipo V
5% de vidrio	43.74	Tipo V
10% de vidrio	21.37	No clasifica
15% de vidrio	37.55	Tipo V
25% de vidrio	26.46	No clasifica
50% de vidrio	80.11	No clasifica

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## 9. Succión

Tabla N° 60: Muestras sin vidrio resistencia a la compresión axial.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura:	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15
Edad:	21	21	21	21	21
Espesor (cm):	76	75	76	74	77
Área (cm <sup>2</sup> ):	273.75	271.56	273.75	268.14	275.94
Volumen (cm <sup>3</sup> ):	20805	20367	20805	19842.36	21247.38
Masa (gr):	337.96	336.12	337.96	336.53	337.35
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	0.016	0.017	0.016	0.017	0.016
Carga ultima (KN):	29007	25158	22813	24500	23422
Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> ):	105.96	92.64	83.34	91.37	84.88
Resistencia (Mpa):	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004
Resistencia promedio (f <sub>c</sub> ):	91.64 Kg/cm <sup>2</sup>			8.99 Mpa	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 61: Muestras con 5% de vidrio

resistencia a la compresión axial.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura:	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15
Edad:	21	21	21	21	21
Espesor (cm):	7	7.1	7.1	7.1	7.1
Área (cm <sup>2</sup> ):	266.6	262.3	264.45	258	262.3
Volumen (cm <sup>3</sup> ):	1866.2	1862.33	1877.595	1831.8	1862.33
Masa (gr):	345.10	350.00	350.82	347.55	351.43
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19
Carga ultima (KN):	24000	25343	22735	21929	21654
Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> ):	90.02	96.62	85.97	85.00	82.55
Resistencia (Mpa):	8.8281920	9.4750259	8.4308635	8.3352724	8.09581392
Resistencia promedio (fc):	88.03 Kg/cm <sup>2</sup>			8.63 Mpa	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 62: Muestras con 10% de vidrio

resistencia a la compresión axial.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura:	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15
Edad:	21	21	21	21	21
Espesor (cm):	7.8	7.5	7.8	7.9	7.8
Área (cm <sup>2</sup> ):	283.8	282.51	271.56	341	278.13
Volumen (cm <sup>3</sup> ):	2213.64	2118.825	2118.168	2693.9	2169.414
Masa (gr):	356.53	349.39	347.35	353.67	348.57
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	0.16	0.16	0.16	0.13	0.16
Carga ultima (KN):	21211	21309	24037	22113	51506
Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> ):	74.74	75.43	88.51	64.85	185.19
Resistencia (Mpa):	7.33	7.40	8.68	6.36	18.16
Resistencia promedio (fc):	97.74 Kg/cm <sup>2</sup>			9.59 Mpa	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 63: Muestras con 15% de vidrio

resistencia a la compresión axial.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura:	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15
Edad:	21	21	21	21	21
Espesor (cm):	7.6	7.6	7.8	7.4	7.3
Área (cm <sup>2</sup> ):	263.22	271.56	271.56	268.14	265.96
Volumen (cm <sup>3</sup> ):	2000.47	2063.86	2118.17	1984.24	1941.51
Masa (gr):	355.51	358.98	356.53	353.06	356.12
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	0.18	0.17	0.17	0.18	0.18
Carga última (KN):	24794	24524	25695	23461	23460
Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> ):	94.19	90.31	94.62	87.50	88.21
Resistencia (Mpa):	9.24	8.86	9.28	8.58	8.65
Resistencia promedio (f <sub>c</sub> ):	90.97 Kg/cm <sup>2</sup>			8.92 Mpa	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 64: Muestras con 25% de vidrio

resistencia a la compresión axial.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura:	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15
Edad:	21	21	21	21	21
Espesor (cm):	7.5	7.6	7.5	7.5	7.6
Área (cm <sup>2</sup> ):	263.46	263.46	271.56	263.46	263.68
Volumen (cm <sup>3</sup> ):	1975.93	2002.27	2036.70	1975.93	2003.94
Masa (gr):	364.08	370.41	395.92	373.67	371.84
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19
Carga última (KN):	22232	21346	26244	26627	22664
Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> ):	84.39	81.02	96.64	101.07	85.95
Resistencia (Mpa):	8.28	7.95	9.48	9.91	8.43
Resistencia promedio (f <sub>c</sub> ):	89.81 Kg/cm <sup>2</sup>			8.81 Mpa	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

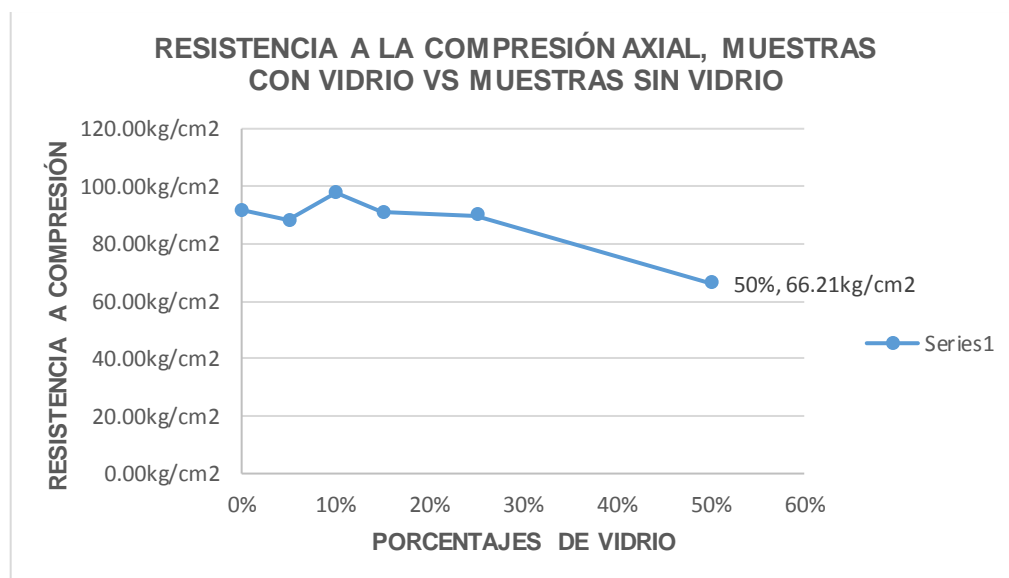
Tabla N° 65: Muestras con 50% de vidrio

resistencia a la compresión axial.

Probeta N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura:	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15	18/11/15
Edad:	21	21	21	21	21
Espesor (cm):	7.6	7.7	7.5	7.5	7.6
Area (cm <sup>2</sup> ):	280.32	275.94	280.32	280.32	275.94
Volumen (cm <sup>3</sup> ):	2130.43	2124.74	2102.40	2102.40	2097.14
Masa (gr):	399.80	393.47	395.92	392.24	390.82
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> ):	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Carga ultima (KN):	17631	18487	18384	19040	18668
Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> ):	62.90	67.00	65.58	67.92	67.65
Resistencia (Mpa):	6.17	6.57	6.43	6.66	6.63
Resistencia promedio (f <sub>c</sub> ):	66.21 Kg/cm <sup>2</sup>			6.49 Mpa	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Gráfico N° 11: Gráfica de resistencia a la compresión axial.



Fuente: Elaboración propia, 2015.



## **ANEXO 3:**

### **PANEL FOTOGRÁFICO**

Fotografía N° 01: Material para la elaboración de ladrillos de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 02: Selección de material para la elaboración de ladrillos de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 03: Moldes para el moldeado de los ladrillos de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 04: Toma de muestras de arcilla en la tara 02, para el contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 05: Secado de las muestras en el horno, por  
24 horas.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 06: Ensayo de granulometría al vidrio triturado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 07: Ensayo límite líquido, en la copa de casa grande  
en el laboratorio del campus UPN.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 08: Pesado de muestras de límite plástico.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 09: Ensayo de tamizado en el laboratorio  
del campus de UPN.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 10: Ensayo de tamizado en el laboratorio  
del campus UPN.



Fuente: Elaboración propia, 2015.



Fotografía N° 11: Selección de vidrio triturado, para la elaboración del ladrillo de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 12: Peso de vidrio según % a usar, en la elaboración de ladrillos de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 13: Mezcla del vidrio, con la mezcla de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 14: Combinación del vidrio con la mezcla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.



Fotografía N° 15: Moldeado de la mezcla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 16: Enrazado de la mezcla de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 17: Muestras con 5% de vidrio.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 18: Muestras con 10% de vidrio.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 19: Muestras con 15% de vidrio.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 20: Muestras con 50% de vidrio.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 21: Ladrillos de arcilla con 5%,10%,15%, 25%, 50%  
de vidrio.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 22: Quemado de los ladrillos de arcilla con 5%,10%,15%, 25%, 50%.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 23: Obtención del producto, secado al horno.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 24: Almacenamiento de las muestras de ladrillo.



Fuente: elaboración propia, 2015.



Fotografía N° 25: Etiquetado de las muestras de ladrillo de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 26: Medición del ancho del ladrillo de arcilla .



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 27: Medición del alto del ladrillo de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 28: Proceso de pesado de las muestras de los  
ladrillos de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía Nº 29: Muestras de ladrillos de arcilla, con 5% de vidrio triturado.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Fotografía Nº 30: Ensayo de succión de los ladrillos de arcilla con 5% de vidrio triturado.



Fuente: elaboración propia, 2015.



Fotografía Nº 31: Ladrillo ensayado con 3 cm de altura de absorción.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía Nº 32: Pesado de los ladrillos sometidos al ensayo  
de succión



Fuente: elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 33: Ensayo de Absorción durante, 24 horas.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 34: Pesado de los ladrillos sometidos al ensayo de absorción, por 24 horas sumergidos en agua.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 35: Ladrillos sometidos al ensayo de absorción por 24 horas.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 36: Ensayo de succión de los ladrillos de arcilla con 10% de vidrio triturado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 37: Pesado de los ladrillos sometidos al ensayo de succión.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 38: Ladrillos sometidos al ensayo de absorción por 24 horas.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 39: Ladrillos sometidos al ensayo de absorción

Por 24 horas .



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 40: Ensayo de succión de los ladrillos de arcilla con 15% de vidrio triturado.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 41: Pesado de la muestra 03 con 25% de vidrio sometidos al ensayo de absorción.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 42: Ensayo de alabeo, sección convexidad.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 43: Ensayo de alabeo, sección convexa.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 44: Anotación de datos del ensayo de alabeo realizado a los  
Ladrillos de arcilla.



Fuente: Elaboración propia, 2015.



Fotografía N° 45: Proceso de refrenado de las secciones  
del ladrillo a ensayar con material diablo fuerte.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 46: Fotografía tomada en el laboratorio del  
Campus UN con el Asesor de Tesis el Ing. Gabriel Cachi.



Fuente: Elaboración propia, 2015.



Fotografía N° 47: Ladrillos nivelados en sus secciones para el ensayo de Resistencia a compresión.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 48: Ensayo axial a los ladrillos con el Ing. Gabriel Cachi y el Técnico de laboratorio Víctor Cuzco.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 49: Ladrillos sometidos al ensayo en el laboratorio del Campus de UPN.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 50: Ladrillos sometidos al ensayo en el laboratorio del Campus de UPN.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Fotografía N° 51: Toma de datos del ensayo axial a los ladrillos.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

## **ANEXO 4:**